

Efeito da Fermentação e Cocção nas Características Físico-Químicas e Teor de Cianeto Durante o Processamento de Tucupi



ISSN 1983-0483

Outubro, 2016

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Amazônia Oriental
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 107

Efeito da Fermentação e Cocção nas Características Físico-Químicas e Teor de Cianeto Durante o Processamento de Tucupi

Ana Paula Rocha Campos
Ana Vânia Carvalho
Rafaella de Andrade Mattietto

Embrapa Amazônia Oriental
Belém, PA
2016

Embrapa Amazônia Oriental

Tv. Dr. Enéas Pinheiro, s/n.
CEP 66095-903 – Belém, PA.
Fone: (91) 3204-1000
Fax: (91) 3276-9845
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicação

Presidente: *Silvio Brienza Júnior*
Secretário-Executivo: *Moacyr B. Dias-Filho*
Membros: *Orlando dos Santos Watrin*
Eniel David Cruz
Sheila de Souza Correa de Melo
Regina Alves Rodrigues

Supervisão editorial e revisão de texto: *Narjara de F. G. da Silva Pastana*
Normalização bibliográfica: *Andréa Liliâne Pereira da Silva*
Tratamento de imagens: *Vitor Trindade Lôbo*
Editoração eletrônica: *Euclides Pereira dos Santos Filho*
Foto da capa: *Ana Paula Rocha Campos*

1ª edição

Publicação digitalizada (2016)

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Amazônia Oriental

Campos, Ana Paula Rocha.

Efeito da fermentação e cocção nas características físico-químicas e teor de cianeto durante o processamento de tucupi / Ana Paula Rocha Campos, Ana Vânia Carvalho, Rafaella de Andrade Mattietto. – Belém, PA : Embrapa Amazônia Oriental, 2016.

23 p. : il. ; 15 cm x 21 cm. – (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Amazônia Oriental, ISSN 1983-0483; 107).

Disponível em: <<https://www.embrapa.br/amazonia-oriental/publicacoes>>

1. Mandioca – subproduto. 2. Tucupi. 3. Manipueira.
4. Fermentação. 5. Propriedade físico-química. 6. Cianeto.
I. Carvalho, Ana Vânia. II. Mattietto, Rafaella de Andrade.
III. Título. IV. Série.

CDD (21. ed.) 633.682

Sumário

Resumo	5
Abstract	7
Introdução	9
Material e Métodos	10
Resultados e Discussão	13
Conclusões	20
Agradecimentos	21
Referências	22

Efeito da Fermentação e Cocção nas Características Físico-Químicas e Teor de Cianeto Durante o Processamento de Tucupi

Ana Paula Rocha Campos¹

Ana Vânia Carvalho²

Rafaella de Andrade Mattietto³

Resumo

O objetivo deste trabalho foi estudar a influência de diferentes tempos de fermentação e cocção da manipueira na redução do teor de cianeto e nas características físico-químicas do tucupi. Ao longo do processamento (tempos de fermentação 0, 24, 48 e 72 horas com posterior cocção fixa em 30 minutos), as amostras de manipueira apresentaram redução no valor de pH e aumento da acidez total. Com relação aos sólidos solúveis, as amostras de manipueira apresentaram diminuição significativa. Entre as amostras de tucupi não houve diferença significativa entre os produtos fermentados por 24, 48 e 72 horas. Quanto ao teor de cianeto total, as amostras de manipueira apresentaram diminuição nos teores, em função do aumento no tempo de fermentação, com redução de 153,89 mg HCN/L (manipueira recém-extraída) para 43,46 mg HCN/L (manipueira com 72 horas de fermentação). Para as amostras de tucupi não foi observada diferença estatística significativa a partir de 24 horas de fermentação. No estudo

¹Engenheira de alimentos, mestranda em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Pará, Belém, PA.

²Engenheira-agrônoma, doutora em Tecnologia de Alimentos, pesquisadora da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA.

³Engenheira química, doutora em Tecnologia de Alimentos, pesquisadora da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA.

da influência do tempo de fermentação e cocção nas características físico-químicas e químicas (tempos de fermentação de 0, 6 e 24 horas com tempos de cocção de 10 e 20 min, além do ponto de fervura), as amostras apresentaram tendência de diminuição no valor de pH, aumento da acidez total e aumento de sólidos solúveis. Quanto ao teor de cianeto total e livre, houve diminuição com o aumento do tempo de fermentação e cocção, entretanto, nos tempos de cocção de 10 e 20 minutos não foi verificada diferença significativa entre as amostras. De maneira geral, ao longo do estudo, a redução dos teores de cianeto total e livre foi observada com o aumento do tempo de fermentação e cocção. Portanto, a fermentação da manipueira durante 24 horas resulta em um tucupi com acidez típica e o tempo de cocção de 10 minutos é suficiente para obtenção de um produto final com teor de cianeto total inferior a 10 mg HCN/L, garantindo a segurança para o consumidor.

Termos para indexação: manipueira, tucupi, cianeto, qualidade.

Effect of Fermentation and Cooking on Physicochemical Characteristics and Cyanide Content during Tucupi Processing

Abstract

The objective of this study was to investigate the influence of different times of fermentation and cooking of manipueira in reducing cyanide content and physicochemical characteristics of tucupi. During processing (fermentation times 0, 24, 48 and 72 hours with subsequent fixed cooking in 30 minutes), the manipueira samples showed reduction in pH and increase in total acidity. Regarding the soluble solids, manipueira samples showed a decrease. Among tucupi samples no significant statistical difference was observed between the samples fermented for 24, 48 and 72 hours. For the total cyanide content of manipueira samples was observed a decrease in the levels, due to the increase in fermentation time, reducing from 153.89 mg HCN/L (freshly extracted manipueira) to 43.46 mg HCN/L (72 hours of manipueira fermentation). For tucupi samples there was no significant statistical difference after 24 hours of fermentation. In the study of the influence of time of fermentation and cooking on the physicochemical and chemical characteristics (fermentation times of 0, 6 and 24 hours with times of cooking of 10 and 20 minutes, and the boiling point), samples showed tendency to decrease pH, increase total acidity and increase soluble solids. Total and free cyanide content decreased significantly due to the increase in time fermentation and

cooking, however, the cooking times of 10 and 20 minutes presented no significant statistical difference between samples. In general, throughout the study was observed a reduction of total and free cyanide concentrations with increasing fermentation and cooking time. Therefore, the fermentation of cassava for 24 hours results in a tucupi with typical acidity and cooking for 10 minutes is enough to obtain a final product with a total cyanide content below 10 mg HCN/L, ensuring security for the consumer.

Index terms: Manipueira, tucupi, cyanide, quality.

Introdução

A cultura da mandioca exerce um papel de destaque no cenário agrícola nacional e internacional, tanto como fonte de carboidratos para a alimentação humana e animal, quanto como geradora de emprego e renda (CARDOSO, 2003). Segundo Camargo (2005), em virtude do seu valor nutricional, a mandioca desempenha um papel importante na alimentação do brasileiro, ajustando-se segundo os hábitos alimentares das diversas regiões do País, visto que grande variedade de pratos é elaborada a partir de receitas de cunho regional.

Uma das principais formas de utilização das raízes de mandioca é na produção de farinhas. Durante o processo de fabricação da farinha de mandioca, as raízes trituradas são prensadas para a remoção de seu líquido, denominado manipueira, e a massa prensada segue para a torração, transformando-se em farinha. Da manipueira produz-se o tucupi, ingrediente bastante tradicional na culinária do norte do País.

O regulamento técnico de Padrão de Identidade e Qualidade do Tucupi define o tucupi como um produto e/ou subproduto obtido da raiz da mandioca (*Manihot esculenta*) e suas variedades, por meio de processo tecnológico adequado (AGÊNCIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA DO ESTADO DO PARÁ, 2008).

A produção de tucupi nas casas de farinha do interior do Pará inicia-se com a recepção das raízes de mandioca, as quais são lavadas, descascadas, trituradas e prensadas para a remoção da manipueira. A massa prensada segue para a torração, dando origem à farinha, e o líquido obtido é deixado em repouso por 1 ou 2 dias à temperatura ambiente, para que ocorra a fermentação natural. Durante o repouso, há a decantação do amido, que posteriormente é removido. Após a etapa de fermentação, é realizada a fervura do líquido com condimentos para obtenção do tucupi (CEREDA; VILPOUX, 2003; CHISTÉ; COHEN, 2011).

A mandioca pertence ao grupo das plantas cianogênicas, sendo classificada, em função do teor de ácido cianídrico (HCN), em mansa e brava. As mandiocas bravas apresentam altas concentrações de ácido cianídrico em suas raízes, com teores acima de 100 mg de HCN/kg de raiz fresca sem casca (ARAÚJO, 2008; COHEN et al., 2007; DINIZ, 2006). Os compostos cianogênicos presentes na mandioca por si só não são tóxicos, mas liberam o ácido cianídrico (HCN), responsável pela toxidez, após a ação de certas enzimas. Essas enzimas do tecido vegetal entram em contato com os compostos cianogênicos quando o tecido vegetal é triturado, ou seja, durante o processamento ou durante a ingestão do alimento (ARAÚJO, 2008).

Segundo Chisté e Cohen (2011), as propriedades do tucupi dependem diretamente do processo de fabricação realizado, assim como da variedade da mandioca utilizada no processo de extração da manipueira. Ainda segundo os autores, o processo fermentativo, anterior ao processo de fervura, permite a ação mais prolongada da linamarase, enzima que hidrolisa a linamarina (responsável pela liberação de HCN), que é aos poucos inibida pela acidificação e queda do pH em decorrência da fermentação. Já na etapa de cocção ocorre a inativação da linamarase e a remoção do cianeto gerado nas etapas anteriores do processamento, o qual é quase todo removido por volatilização em decorrência da exposição às elevadas temperaturas.

Dessa forma, devido à importância dessas etapas na obtenção de um tucupi de qualidade, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito dos tempos de fermentação e cocção da manipueira nas características físico-químicas e no teor de ácido cianídrico final do tucupi.

Material e Métodos

Processamento da manipueira para obtenção do tucupi

Experimento 1

Logo após o processo de prensagem, 12 L de manipueira recém-extraída, adquiridos em feira livre na cidade de Belém, PA, em agosto de 2015, foram transportados para o Laboratório de Agroindústria da Embrapa Amazônia Oriental. Os 12 L de manipueira foram divididos em

volumes de 3 L e distribuídos em quatro recipientes de vidro incolor de capacidade de 5 L, sendo mantidos em repouso, à temperatura ambiente ($28,5 \pm 4,5$ °C), durante o tempo de fermentação.

Inicialmente, testou-se a influência de diferentes tempos de fermentação nas características físico-químicas e teor de cianeto, durante o processamento da manipueira em tucupí. Foram testados quatro tempos de fermentação: tempo 0 (sem fermentação), 24 horas de fermentação, 48 horas de fermentação e 72 horas de fermentação. Após cada tempo de fermentação, retirou-se alíquotas de 300 mL para as análises físico-químicas e químicas, sendo estas submetidas à cocção (fervura), em panelas de aço inoxidável com capacidade de 5 L, por 30 minutos. Após a cocção, retirou-se novamente alíquotas de 300 mL, para a realização das análises físico-químicas e químicas, descritas posteriormente.

As análises físico-químicas e químicas foram realizadas nas seguintes amostras: manipueira recém-extraída (MRE); tucupí obtido da manipueira recém-extraída e submetido a cocção por 30 minutos (TRE); manipueira após 24 horas de fermentação (M24); tucupí com 24 horas de fermentação e 30 minutos de cocção (T24); manipueira após 48 horas de fermentação (M48); tucupí com 48 horas de fermentação e 30 minutos de cocção (T48); manipueira após 72 horas de fermentação (M72); tucupí com 72 horas de fermentação e 30 minutos de cocção (T72).

Experimento 2

Posteriormente à execução do estudo inicial, citado anteriormente, testou-se outros tempos de fermentação durante o processamento do tucupí, além de diferentes tempos de cocção. Foram avaliados três tempos de fermentação: tempo 0 (sem fermentação), 6 horas de fermentação e 24 horas de fermentação. Após cada tempo de fermentação, retirou-se alíquotas para as análises físico-químicas e químicas, sendo as amostras fermentadas submetidas à cocção. Testou-se três tempos de cocção: ponto de ebulição (assim que a amostra atingiu o ponto de ebulição desligou-se o aquecimento),

ebulição durante 10 minutos e ebulição durante 20 minutos. Portanto, os tratamentos consistiram em amostras submetidas a diferentes tempos de fermentação e cocção, sendo um total de 12 tratamentos: manipueira recém-extraída (MRE); tucupi da manipueira recém-extraída após atingir o ponto de ebulição (TRE/PE); tucupi da manipueira recém-extraída com 10 minutos de cocção (TRE/10); tucupi da manipueira recém-extraída com 20 minutos de cocção (TRE/20); manipueira após 6 horas de fermentação (M6); tucupi com 6 horas de fermentação e após atingir o ponto de ebulição (T6/PE); tucupi com 6 horas de fermentação e 10 minutos de cocção (T6/10); tucupi com 6 horas de fermentação e 20 minutos de cocção (T6/20); manipueira após 24 horas de fermentação (M24); tucupi com 24 horas de fermentação e após atingir o ponto de ebulição (T24/PE); tucupi com 24 horas de fermentação e 10 minutos de cocção (T24/10); tucupi com 24 horas de fermentação e 20 minutos de cocção (T24/20).

Análises físico-químicas e químicas

As amostras foram caracterizadas quanto ao pH (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, 1997), acidez total titulável (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, 1997), sólidos solúveis (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, 1997) e cianeto total e livre [segundo metodologia enzimática descrita e adaptada por Essers et al. (1993), sendo a extração dos compostos cianogênicos realizada conforme descrito por Chisté e Cohen (2011)].

Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias, quando significativas, comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade, com auxílio do programa *Statística* versão 7.0 (STATSOFT, 2004).

Resultados e Discussão

Experimento 1

A Tabela 1 apresenta os resultados de pH, acidez titulável, sólidos solúveis, cianeto total e cianeto livre, durante as etapas de processamento do tucupí, em função do tempo de fermentação da manipueira, a um tempo de cocção de 30 minutos.

Tabela 1. Resultados de pH, acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS) e cianeto total e livre, da manipueira e tucupí, em diferentes tempos de fermentação.⁽¹⁾

Etapas ⁽²⁾	pH	AT (meq NaOH/100mL)	SS (°Brix)	Cianeto Total (mg HCN/L)	Cianeto Livre (mg HCN/L)
MRE	5,16 ± 0,00 ^B	1,42 ± 0,06 ^F	4,5 ± 0,25 ^B	153,89 ± 0,34 ^A	24,33 ± 0,48 ^A
M24	3,76 ± 0,01 ^C	5,41 ± 0,06 ^E	3,6 ± 0,06 ^C	71,11 ± 0,43 ^B	22,51 ± 0,35 ^B
M48	3,51 ± 0,01 ^E	7,23 ± 0,10 ^D	3,5 ± 0,12 ^C	63,99 ± 0,49 ^C	21,19 ± 0,25 ^C
M72	3,36 ± 0,01 ^G	8,29 ± 0,15 ^C	3,2 ± 0,06 ^D	43,46 ± 0,63 ^D	15,47 ± 0,32 ^D
TRE	6,02 ± 0,01 ^A	1,35 ± 0,06 ^F	3,6 ± 0,00 ^C	23,22 ± 0,55 ^E	9,55 ± 0,28 ^E
T24	3,61 ± 0,02 ^D	8,22 ± 0,00 ^C	7,3 ± 0,21 ^A	15,03 ± 0,92 ^F	3,19 ± 0,03 ^{FG}
T48	3,48 ± 0,01 ^F	10,47 ± 0,15 ^B	7,4 ± 0,06 ^A	15,54 ± 0,33 ^F	3,55 ± 0,09 ^F
T72	3,26 ± 0,01 ^H	14,03 ± 0,05 ^A	7,4 ± 0,06 ^A	14,98 ± 0,19 ^F	2,54 ± 0,20 ^G

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade.

⁽²⁾MRE = manipueira recém-extraída; M24 = manipueira após 24 horas de fermentação; M48 = manipueira após 48 horas de fermentação; M72 = manipueira após 72 horas de fermentação; TRE = tucupí obtido da manipueira recém-extraída e submetida a cocção por 30 minutos; T24 = tucupí com 24 horas de fermentação e 30 minutos de cocção; T48 = tucupí com 48 horas de fermentação e 30 minutos de cocção; T72 = tucupí com 72 horas de fermentação e 30 minutos de cocção.

De acordo com os valores obtidos para o pH, pode-se observar que houve uma diminuição significativa nos valores com o aumento do tempo de fermentação da manipueira, reduzindo de 5,16 (MRE) para 3,36 na manipueira após 72 horas de fermentação. Após a cocção do tucupi, observou-se também uma redução no valor do pH, com a amostra que foi submetida a 72 horas de fermentação e 30 minutos de cocção apresentando o menor valor (3,26). O processo de acidificação das amostras, durante a fermentação, também pode ser observado por meio dos valores da acidez titulável, os quais apresentaram aumento significativo com o decorrer da fermentação. Portanto, pode-se concluir que o aumento da acidez titulável e a diminuição nos valores de pH, observados em função do tempo de fermentação das manipueiras, estão relacionados com a liberação de ácidos provenientes da etapa de fermentação, fato observado também por Chisté e Cohen (2011).

Melo et al. (2014), em estudo sobre a cinética de crescimento de micro-organismos durante a fermentação natural do tucupi, observaram uma correlação linear negativa entre a redução do pH e a contagem logarítmica total de bactérias mesófilas, demonstrando o efeito da produção de ácidos orgânicos no pH do produto final. Entretanto, ainda não há relatos disponíveis na literatura científica quanto aos tipos de micro-organismos envolvidos (família, gênero, espécies, subespécies), e por se tratar de uma fermentação natural, aumenta-se a complexidade das reações envolvidas.

Chisté e Cohen (2011), ao estudarem as etapas de processamento do tucupi, obtiveram valor de pH de 6,3 para a manipueira recém-extraída, 6,2 para a manipueira após 24 horas de fermentação, 4,0 para a manipueira após 48 horas de fermentação e 3,6 tanto para a manipueira após 72 horas de fermentação quanto para o tucupi (produto fermentado por 72 horas e submetido à cocção por 10 minutos). Os valores relatados pelos autores para a manipueira com 48 e 72 horas de fermentação e tucupi com 72 horas de fermentação são semelhantes aos observados no presente estudo para as amostras submetidas à fermentação. Já com relação à acidez titulável, Chisté e Cohen (2011) obtiveram, para a manipueira com 24 e 48 horas de

fermentação e para o tucupi com 72 horas de fermentação, acidez de 2,2 meq NaOH/100mL, 6,5 meq NaOH/100mL e 12,3 meq NaOH/100mL, respectivamente, valores inferiores ao verificado no presente estudo para as mesmas etapas do processamento.

Com relação aos teores de sólidos solúveis, observou-se uma diminuição significativa nos valores com o aumento do tempo de fermentação, à exceção dos tempos 24 e 48 horas, que não apresentaram diferenças entre si. Para a manipueira recém-extraída, observou-se valor de 4,5 °Brix e para a manipueira com 72 horas de fermentação, valor de 3,2 °Brix. Esse decréscimo era esperado e está relacionado ao consumo dos açúcares presentes pelos micro-organismos e suas enzimas durante o processo fermentativo. Para os produtos finais obtidos, verificou-se maior teor de sólidos solúveis para os tucupis fermentados, quando comparados ao tucupi que não sofreu a etapa de fermentação. Já entre os tucupis com 24, 48 e 72 horas de fermentação não se observaram diferenças significativas com relação ao teor de sólidos solúveis.

Chisté e Cohen (2011), ao estudarem as etapas de processamento do tucupi, obtiveram teor de sólidos solúveis de 7,2 °Brix para a manipueira recém-extraída, 6,5 °Brix para a manipueira com 24 horas de fermentação, 6,3 °Brix para a manipueira com 48 e 72 horas de fermentação e 8,1 °Brix para o tucupi com 72 horas de fermentação, valores superiores ao encontrado no presente estudo.

As diferenças entre os valores de pH, acidez titulável e sólidos solúveis observadas durante as etapas de processamento do tucupi, no presente estudo e na literatura consultada, devem-se, provavelmente, a diferenças entre as mandiocas utilizadas, pois fatores agrônômicos e externos (clima, transporte, local de fermentação) podem afetar a composição desta, assim como a própria flora microbiana presente em cada fermentação pode alterar o comportamento físico-químico

dos mostos de manipueira. Este trabalho mostrou um comportamento fermentativo mais clássico, com queda significativa dos teores de sólidos solúveis na manipueira, conforme o decorrer do tempo de fermentação.

Para o teor de cianeto total (Tabela 1), observou-se redução significativa no decorrer do tempo de fermentação da manipueira, observando-se cerca de 72% de redução quando comparamos a manipueira recém-extraída àquela submetida a 72 horas de fermentação. A etapa de cocção da manipueira, para obtenção do tucupi, também influenciou na redução do teor de cianeto total, em razão do efeito de volatilização dos compostos cianogênicos ocasionado pelo aquecimento. Porém, a partir do período de 24 horas de fermentação seguido de cocção, não foram observadas diferenças significativas entre as amostras de tucupi estudadas (T24, T48 e T72).

Chisté e Cohen (2011), ao estudarem as etapas de processamento do tucupi, obtiveram uma dosagem de cianeto total de 227,8 mg HCN/L, 166,6 mg HCN/L, 102,1 mg HCN/L, 91,6 mg HCN/L e 37,1 mg HCN/L para a manipueira recém-extraída, manipueira com 24 horas de fermentação, manipueira com 48 horas de fermentação, manipueira com 72 horas de fermentação e tucupi com 72 horas de fermentação e 10 minutos de cocção, respectivamente, valores superiores aos encontrados no presente estudo. Essas diferenças nos teores de cianeto total entre os dois estudos podem estar relacionadas com a matéria-prima e/ou com o processamento do tucupi, pois mandiocas com alto teor de cianeto na raiz in natura poderão apresentar produtos finais com valores mais elevados desse composto químico. Além disso, o tempo de cocção do tucupi pode afetar significativamente o teor de cianeto total no produto final, por causa da alta volatilização deste sob aquecimento.

Com relação ao teor de cianeto livre, observou-se o mesmo comportamento do cianeto total, ou seja, diminuição significativa nos teores com o aumento do tempo de fermentação da manipueira. A etapa de cocção também afetou positivamente a redução do teor de

cianeto livre nas amostras, da mesma forma como observado para o teor de cianeto total. Segundo Chisté e Cohen (2011), durante o processo de fermentação da manipueira há uma redução significativa nos teores de cianeto livre em decorrência do processo fermentativo, onde ocorre a inibição da enzima linamarase em função da acidificação e queda do pH do meio, reduzindo a liberação do íon cianeto. Já no processo de cocção, essa redução nos níveis de cianeto ocorre em razão da volatilização deste causada pela exposição do produto a elevadas temperaturas.

Experimento 2

Esta etapa do estudo foi realizada após a análise dos resultados obtidos no experimento 1. Testou-se, nesta etapa, três tempos de fermentação inferiores a 24 horas, que foi o menor tempo de fermentação avaliado no estudo inicial, e também a influência de diferentes tempos de cocção nas características físico-químicas do produto final.

A Tabela 2 apresenta os resultados de pH, acidez titulável, sólidos solúveis e cianeto total e livre em amostras coletadas durante as etapas de processamento do tucupi, em função dos tempos de fermentação da manipueira e de cocção do tucupi.

Pode-se observar que houve uma redução significativa no pH das amostras, tanto em relação ao tempo de fermentação da manipueira quanto em relação ao tempo de cocção do tucupi, à exceção do tucupi com 6 horas de fermentação, em que não houve diferença entre o tempo de cocção até atingir o ponto de ebulição (T6/PE) e aquele em que a cocção foi mantida durante 10 minutos (T6/10), e também o tucupi com 24 horas de fermentação, o qual não apresentou diferença estatística entre os tempos de cocção testados.

Para a acidez titulável, observou-se tendência de aumento nos valores de acidez com o aumento do tempo de fermentação da manipueira, verificando-se, para a manipueira fermentada durante 24 horas e os tucupis obtidos desta, valores significativamente superiores.

Tabela 2. Resultados de pH, acidez titulável, (AT), sólidos solúveis (SS) e cianeto total e livre, durante as etapas de processamento do tucupi.⁽¹⁾

Etapas ⁽²⁾	pH	AT (meq NaOH/100mL)	SS (°Brix)	Cianeto Total (mg HCN/L)	Cianeto Livre (mg HCN/L)
MRE	6,38 ± 0,02 ^E	0,30 ± 0,00 ^E	1,9 ± 0,06 ^H	357,54 ± 0,34 ^A	178,43 ± 0,61 ^A
M6	5,87 ± 0,01 ^F	0,40 ± 0,00 ^{DE}	2,1 ± 0,00 ^{GH}	250,62 ± 0,66 ^B	97,65 ± 0,50 ^B
M24	3,90 ± 0,00 ^G	3,70 ± 0,06 ^C	2,0 ± 0,00 ^{GH}	113,77 ± 0,50 ^C	83,83 ± 0,59 ^C
TRE/PE	6,84 ± 0,02 ^A	0,26 ± 0,06 ^E	2,7 ± 0,06 ^E	97,81 ± 0,33 ^D	44,37 ± 0,41 ^D
TRE/10	6,76 ± 0,02 ^B	0,40 ± 0,00 ^{DE}	4,8 ± 0,00 ^C	14,80 ± 0,13 ^G	4,25 ± 0,13 ^G
TRE/20	6,54 ± 0,01 ^C	0,53 ± 0,06 ^D	7,2 ± 0,12 ^A	13,65 ± 0,06 ^G	5,06 ± 0,12 ^G
T6/PE	6,46 ± 0,04 ^D	0,30 ± 0,00 ^E	2,1 ± 0,06 ^G	74,97 ± 0,71 ^E	23,89 ± 0,81 ^E
T6/10	6,46 ± 0,01 ^D	0,40 ± 0,00 ^{DE}	2,8 ± 0,06 ^E	7,54 ± 0,05 ^{HI}	1,99 ± 0,29 ^H
T6/20	6,35 ± 0,01 ^E	0,30 ± 0,00 ^E	5,6 ± 0,10 ^B	8,08 ± 0,06 ^H	1,91 ± 0,07 ^H
T24/PE	3,90 ± 0,01 ^G	3,63 ± 0,11 ^C	2,1 ± 0,06 ^{GH}	66,07 ± 0,69 ^F	15,03 ± 0,21 ^F
T24/10	3,91 ± 0,01 ^G	4,19 ± 0,06 ^B	2,3 ± 0,06 ^F	6,20 ± 0,02 ^J	1,21 ± 0,01 ^H
T24/20	3,94 ± 0,01 ^G	6,24 ± 0,10 ^A	3,7 ± 0,06 ^D	6,81 ± 0,03 ^{IJ}	1,01 ± 0,03 ^H

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si (p>0,05).

⁽²⁾MRE = manipeira recém-extraída; M6 = manipeira após 6 horas de fermentação; M24 = manipeira após 24 horas de fermentação; TRE/PE = tucupi da manipeira recém-extraída após atingir o ponto de ebulição; TRE/10 = tucupi da manipeira recém-extraída com 10 minutos de cocção; TRE/20 = tucupi da manipeira recém-extraída com 20 minutos de cocção; T6/PE = tucupi com 6 horas de fermentação e após atingir o ponto de ebulição; T6/10 = tucupi com 6 horas de fermentação e 10 minutos de cocção; T6/20 = tucupi com 6 horas de fermentação e 20 minutos de cocção; T24/PE = tucupi com 24 horas de fermentação e após atingir o ponto de ebulição; T24/10 = tucupi com 24 horas de fermentação e 10 minutos de cocção; T24/20 = tucupi com 24 horas de fermentação e 20 minutos de cocção.

De maneira geral, observou-se que as amostras fermentadas por 24 horas (M24, T24/PE, T24/10 e T24/20) apresentaram os maiores valores de acidez titulável e os menores valores de pH, como esperado. Observou-se ainda que, para as amostras fermentadas por 24 horas, quanto maior o tempo de cocção, maior o valor de acidez titulável apresentado pela amostra ($T24/PE < T24/10 < T24/20$), porém essa observação não foi constatada na análise de pH, na qual não foi observada diferença estatística entre as amostras fermentadas por 24 horas e submetidas aos diferentes tempos de cocção.

Segundo Chisté e Cohen (2011), o aumento da acidez titulável está relacionado com a liberação de ácidos provenientes da fermentação, fato observado no presente estudo.

De acordo com Cereda (2002), o pH é um fator importante que influencia na atividade de enzimas. Quando ocorre a dilaceração dos tecidos vegetais das raízes de mandioca, o glicosídeo cianogênico presente (linamarina) é clivado em glicose e acetonacianoidrina, em razão da ação catalisadora da enzima β -glicosidase (linamarase). Em uma segunda e última etapa, a acetonacianoidrina é convertida em ácido cianídrico e acetona, e esta etapa pode ser medida pela enzima hidroxinitriloliase numa faixa de pH de 3,5 a 6,0. As amostras de tucupí com 24 horas de fermentação apresentaram valores de pH dentro dessa faixa ácida, podendo contribuir para a hidrólise enzimática da linamarina.

Com relação ao teor de sólidos solúveis, não houve diferença estatística entre os diferentes tempos de fermentação da manipueira (MRE, M6 e M24). Entretanto, para os tempos de cocção, pode-se observar um aumento significativo nos valores com o aumento do tempo. O aumento no teor de sólidos solúveis, comparando-se a manipueira com o tucupí, em um mesmo tempo de fermentação, deve-se, possivelmente, à evaporação de líquido durante o processo de cocção do produto fermentado, resultando em um produto final mais concentrado e consequentemente com maior teor de sólidos solúveis.

O teor de cianeto total e livre na manipueira apresentou diminuição significativa em função do tempo de fermentação, ou seja, quanto maior o tempo de fermentação menores os teores de cianeto nas amostras, provavelmente em virtude da ação mais prolongada da linamarase, enzima que hidrolisa a linamarina (responsável pela liberação do ácido cianídrico). Com relação ao tempo de cocção para obtenção do tucupi, as amostras submetidas à cocção somente até atingir o ponto de ebulição apresentaram os maiores teores de cianeto. Já entre os tempos de cocção de 10 e 20 minutos não foi verificada diferença significativa entre as amostras. Essa redução observada em função do tempo de cocção pode ser justificada pela alta volatilização do cianeto causada pela exposição às elevadas temperaturas, reduzindo, assim, os teores de cianeto total e livre no tucupi.

De acordo com a literatura, o processo fermentativo anterior ao processo de cocção permite a ação mais prolongada da linamarase, enzima que hidrolisa a linamarina (responsável pela liberação de HCN), que é aos poucos inibida pela acidificação e queda do pH, em decorrência da fermentação (CHISTÉ; COHEN, 2011). Assim, cerca de 70% da linamarina presente na raiz da mandioca é removida por hidrólise enzimática durante o processo de fermentação (HOSEL e BARZ, 1975). Em complementação, quase todo o cianeto gerado é removido por volatilização, durante as etapas de processamento (CEREDA; VILPOUX, 2003; CHISTÉ; COHEN, 2011). Esses fatos justificam os menores teores de cianeto total e livre observados nos tucupis submetidos ao processo de fermentação (6 ou 24 horas) e cocção (10 ou 20 minutos) adequados.

Conclusões

O tempo de fermentação da manipueira afeta as características físico-químicas do produto final, concluindo-se que quanto maior o tempo de fermentação mais ácido será o tucupi obtido.

Os teores de cianeto total e livre reduzem com o aumento do tempo de fermentação da manipueira. Porém, a etapa de cocção é decisiva na redução desses teores a níveis seguros para o consumo humano.

Portanto, para o processamento do tucupi, a fermentação da manipueira durante 24 horas resulta em um produto final com pH inferior a 4,0 e o tempo de cocção de 10 minutos é suficiente para obtenção de tucupi com teor de cianeto total inferior a 10 mg HCN/L. O produto final assim processado apresenta acidez típica do tucupi e níveis de cianeto total e livre seguros para o consumo humano.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro ao projeto (CNPq 407764/2013-5).

Referências

AGÊNCIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA DO ESTADO DO PARÁ. Instrução Normativa n.º 001/2008 de 24 de junho de 2008. Padrão de identidade e qualidade do tucupi para comercialização no Estado do Pará. **Diário Oficial do Estado do Pará**, p. 7, 26 jun. 2008. Seção 3. Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/diarios/6633377/pg-7-executivo-3-diario-oficial-do-estado-do-para-doeпа-de-26-06-2008>>. Acesso em: 27 jun. 2016.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC international**. 16. ed., 3. rev. Gaithersburg, 1997. v. 2.

ARAÚJO, J. M. A. Química de alimentos: teoria e prática. In: ARAÚJO, J. M. A. **Toxicantes naturais**. 4. ed. Viçosa: UFV, 2008. p. 286-301.

CAMARGO, M. T. L. A. Estudo etnobotânico da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz – Euphorbiaceae) na diáspora africana. In: SEMINÁRIO GASTRONOMIA EM GILBERTO FREYRE, 2005, Recife. **Anais...** Recife, 2005. p. 22-30.

CARDOSO, C. E. L. **Competitividade e inovação tecnológica na cadeia agroindustrial de fécula de mandioca no Brasil**. 2003. 188 f. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

CEREDA, M. P. Caracterização dos subprodutos da industrialização da mandioca. In: CEREDA, M. P. (Coord.). **Manejo, uso e tratamento de subprodutos da industrialização da mandioca**. São Paulo: Fundação Cargill, 2002. v. 4, cap. 1, p. 13-37.

CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. Produtos regionais a base de mandioca ou derivados. In: CEREDA M. P. (Coord.). **Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas latino americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2003. p. 693-711.

CHISTÉ, R. C.; COHEN, K. O. Teor de cianeto total e livre nas etapas de processamento do tucupi. **Revista do Instituto Adolf Lutz**, v. 70, n. 1, p. 41-46, 2011.

COHEN, K. O.; OLIVEIRA, S. S.; CHISTÉ, R. C. **Quantificação de teores de compostos cianogênicos totais em produtos elaborados com raízes de mandioca**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2007. 23 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 290).

DINIZ, I. P. **Caracterização tecnológica do polvilho azedo produzido em diferentes regiões do estado de Minas Gerais**. 2006. 119 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

ESSERS, A. J. A.; BOSVELD, M.; VAN DER GRIFT, R. M.; VORAGEN, A. G. J. Studies on the quantification of specific cyanogenes in cassava products and introduction of a new chromogen. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 63, n. 3, p. 287-296, 1993.

HOSEL, W.; BARZ, W. β -glucosidases from *Cicer arietum* L. **European Journal of Biochemistry**, v. 57, n. 2, p. 607-16, 1975.

MELO, W.; LOPES, A. S.; BOTELHO, V. A.; CHAGAS JUNIOR, G. Cinética de crescimento de microrganismos fermentativos durante a fermentação de tucupi. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE MICROBIOLOGIA E HIGIENE DE ALIMENTOS, 12., 2014, Foz do Iguaçu. **Anais...** São Paulo: Blucher, 2014.

STATSOFT. **Statistica 7.0**. Version 7. [S.l.], 2004. Data analysis software system.



Amazônia Oriental

MINISTÉRIO DA
**AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO**



CGPE 13147